

**ANALISA PENGUJIAN ISOLASI TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA PADA
GARDU INDUK JAJAR**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

DWI ARI WIBOWO

D 400 140 062

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA PENGUJIAN ISOLASI TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA PADA GARDU
INDUK JAJAR**

PUBLIKASI ILMIAH

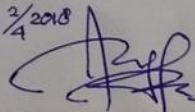
oleh:

DWI ARI WIBOWO
D 400 140 062

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing

acc 2/4 2018



ARIS BUDIMAN ST. MT.
NIK.885

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PENGUJIAN ISOLASI TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA PADA
GARDU INDUK JAJAR**

OLEH
DWI ARI WIBOWO
D 400 140 062

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Selasa, 3 April 2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. **ARIS BUDIMAN, ST. MT.**
(Ketua Dewan Penguji)
2. **Ir. JATMIKO, MT.**
(Anggota I Dewan Penguji)
3. **AGUS SUPARDI, ST. MT.**
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,


Ir. Sri Sunariono, MT. Ph.D.
NIK. 682

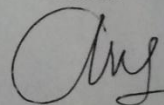
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 3 April 2018

Penulis



DWI ARI WIBOWO

D 400 140 062

ANALISA PENGUJIAN ISOLASI TRAFOMATOR DAYA 60 MVA PADA GARDU INDUK JAJAR

Abstrak

Isolasi trafo merupakan salah satu komponen penting pada transformator tenaga. Terjadinya kegagalan isolasi dapat menyebabkan kegagalan operasi atau bahkan kerusakan trafo. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi sebuah trafo. Metode untuk mengetahui kondisi isolasi yaitu dengan menghitung index polarisasi, pengujian minyak, dan tangen delta. Menghitung tangen delta bertujuan untuk mengukur arus bocor kapasitif pada transformator. Pengujian tahanan isolasi tangen delta bertujuan untuk mengetahui apakah kualitas isolasi pada setiap belitan trafo masih dalam kondisi yang baik. Pengujian minyak dilakukan untuk mengetahui minyak masih layak dipakai atau tidak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh parameter berada pada kondisi baik/cukup. Menurut standar IEEE Std 286TM – 2000 (R2006), diperoleh nilai index polarisasi (IP) 1,42. Rata-rata nilai disipasi faktor (DF) 0,11%. Hasil pengujian minyak trafo rata-rata 43,3kV.

Kata kunci : tangent delta, tahanan isolasi, index polarisasi

Abstract

The isolation of transformer is one of the important components in the power transformer. The occurrence of the failure of the insulation can be caused the failure of operation or even damage on the transformer. This test is to find out the quality of the resistance isolation of a transformer. Method to find out that condition of the insulation is calculating the polarization index, doing the test oil, and tangent delta. calculate tangent delta aim to measure the flow of leaked capacitive transformer. The isolation testing tangent delta aims to find out if the quality of the insulation on each transformer entanglement is still in good condition. The testing done to find out the oil of the oil is still viable or not. The test results show that all parameters are in good condition/enough. According to IEEE Std 286TM – 2000 (R2006), obtained a value of polarization index (IP) 1.42. The average value of the dissipation factor (DF) 0.11%. Transformer oil testing results on average 43, 3kV.

Keywords: tangent delta, resistance isolation, polarization index

1. PENDAHULUAN

Listrik adalah salah satu kebutuhan pokok bagi kehidupan masyarakat saat ini. Hampir setiap orang menggunakan perangkat alat-alat elektronik yang menggunakan listrik untuk bisa bekerja. Ketergantungan masyarakat yang tinggi akan listrik membuat ketersediaan listrik harus dipenuhi. Hal ini menimbulkan adanya kebutuhan akan sistem tenaga listrik yang kontinuitas dan handal.

Suatu sistem tenaga listrik, ada berbagai macam peralatan yang digunakan, salah satunya adalah transformator daya. Transformator daya berfungsi sebagai penyalur daya listrik dari tegangan yang tinggi ke tegangan yang lebih rendah atau sebaliknya. Transformator daya memiliki peran yang penting dalam sistem penyaluran tenaga listrik, sehingga perlu dilakukan

pemeliharaan untuk menjaga kualitas dan efektivitas kerjanya. Salah satunya adalah pemeliharaan kualitas isolasi transformator daya itu sendiri.

Kualitas suatu isolasi transformator daya dapat ditentukan dari suatu hasil pengukuran tahanan isolasi, pengukuran faktor rugi-rugi dielektri dan pengukuran peluahan parsial. Semua pengukuran ini termasuk pengujian tidak merusak. Kenyataannya, kualitas isolasi semakin buruk setelah isolasi digunakan dalam waktu yang lama. Memburuknya kualitas isolasi dapat ditandai dengan nilai tangen delta yang besar dan nilai tahanan isolasi yang semakin kecil. Pengukuran tahanan isolasi dan pengukuran tangen delta perlu dilakukan secara rutin agar pemburukan dapat diketahui dan dilakukan perbaikan segera sebelum terjadi kerusakan yang fatal. Maka penulis merasa perlu mengangkat laporan dengan judul “analisa pengujian isolasi transformator daya 60 MVA pada gardu induk Jajar ”.

2. METODE

2.1 Rancangan

Pelaksanaan penelitian yang dilaksanakan oleh peneliti dengan menggunakan metode sebagai berikut:

1) Studi Literatur

Mencari literatur yang berkaitan dengan tahanan isolasi melalui artikel, buku, dan jurnal ilmiah.

2) Pengumpulan Data

Pengumpulan data digunakan sebagai analisa selanjutnya. Data diperoleh dari PT PLN (Persero) basecamp Surakarta. Diperoleh data berupa *single line* dan data kelisrikan tentang tahanan isolasi.

3) Analisis Data

Data yang didapat pada proses pengumpulan data digunakan untuk mengetahui kondisi tahanan isolasi dalam keadaan baik maupun buruk.

4) Perhitungan

Perhitungan bertujuan untuk menemukan nilai besaran yang dibutuhkan dalam setting tahanan isolasi, dengan menggunakan metode indek polarisasi dan tangen delta.

5) Pengujian Minyak Trafo

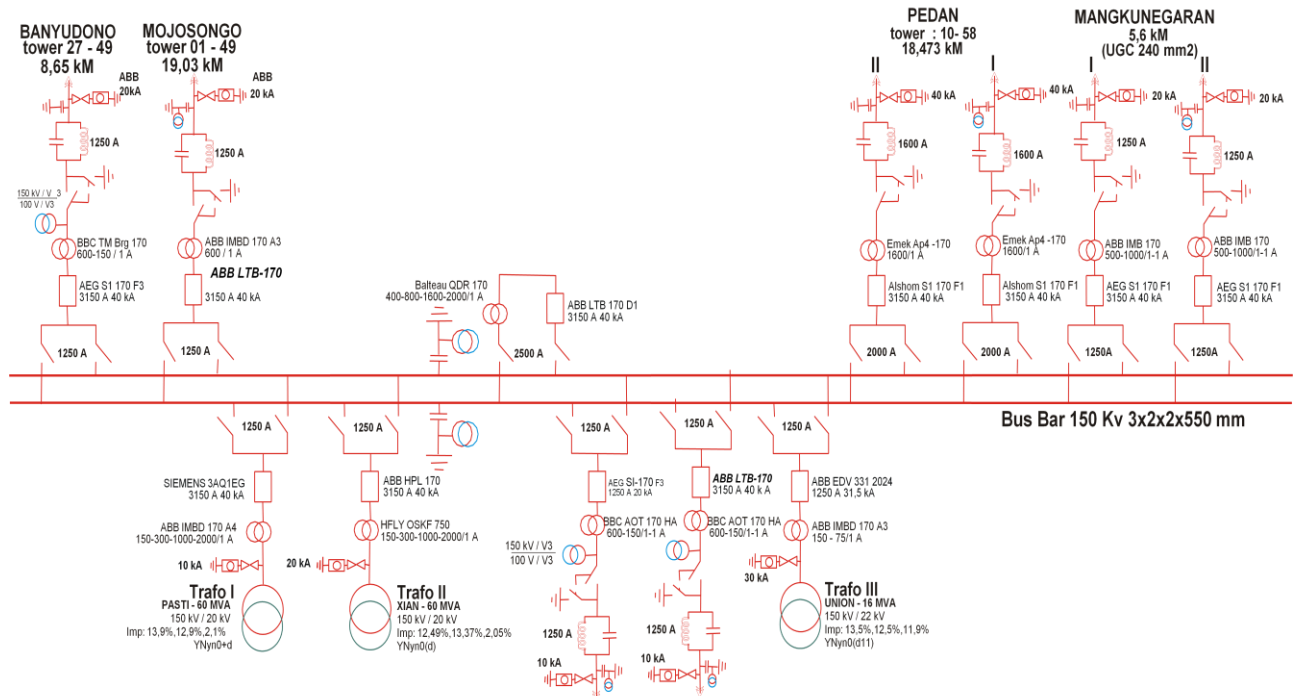
Pengujian minyak trafo dilakukan untuk mengetahui minyak masih layak dipakai atau tidak.

6) Pembuatan Laporan

Pembuatan laporan adalah tahap terakhir yang dilakukan untuk menyusun laporan tugas akhir.

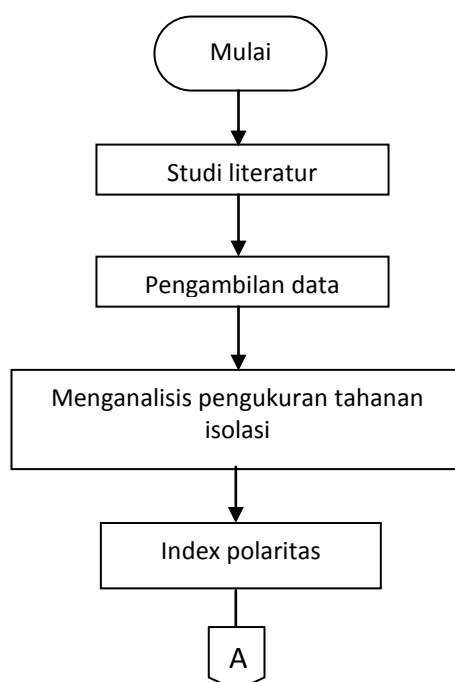
2.2 Gambar Sistem Transmisi Tenaga Listrik

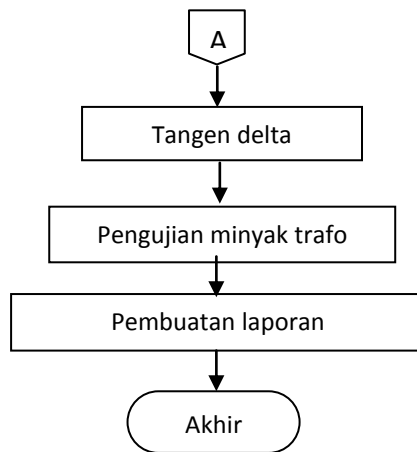
Data pada penelitian diperoleh dari PT PLN (Persero) gardu induk Jajar. Berikut *Single line diagram* PT PLN (Persero) gardu induk Jajar :



Gambar 1. *Single Line Diagram* gardu induk Jajar

2.3 Flowchart Penelitian





Gambar 2. *Flowchart* Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian yang dilakukan di PT.PLN (PERSERO) gardu induk Jajar, diperoleh data-data yang berkaitan dengan tujuan penelitian yaitu tentang data pengujian tahanan isolasi pada transformator unit 1 di gardu induk Jajar. Data yang didapat tersebut akan dideskripsikan dan dipresentasikan untuk mendapat penyelesaian dari permasalahan penelitian ini. Hasil dari observasi tentang tahanan isolasi transformator dapat mengetahui cara pemeliharaan pada generator dan mengetahui hasil pengujian tangent delta pada transformator unit 1 di gardu induk Jajar PT.PLN (PERSERO).

3.2 Data transformator daya

Tabel 1. Data transformator daya 60 MVA

Nama	Uraian
<i>Merk</i>	PASTI
<i>Type</i>	ORF.60/275
Seri	94P0007
Usia	17 Tahun
Beban (LV) max	939 A
Pembebanan	54%
<i>Temp Oil max</i>	58 C
<i>Temp winding max</i>	60

3.3 Pengukuran Tahanan Isolasi

Data tahanan isolasi yang diperoleh di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Jajar 150 kV

3.3.1. Index Polarisasi

Tabel 2. Data index polarisasi

No	Aktifitas	Hasil Sebelumnya			Kondisi Akhir		
		1 Min	10 Min	IP	1 Min	10 Min	IP
1	Primary- Ground	132	188	1,42	200	322	1,57
2	Sekundary-Ground	159	217	1,36	197	322	1,63
3	Primary-Sekundary	202	301	1,49	280	443	1,58
4	Primary&Sekundary-Ground	114	143	1,25	127	305	161

Index polarisasi adalah rasio tahanan isolasi saat menit ke 10 dengan menit ke 1 dengan tegangan yang konstant. Pengujian index polarisasi bertujuan untuk memastikan apakah peralatan tersebut masih layak dioperasikan atau tidak.

Cara pengujian dengan index polarisasi dilakukan dengan waktu 10 menit lalu membandingkan dengan hasil pengukuran isolasi selama satu menit.

Perhitungan index polarisasi adalah sebagai berikut :

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1} \quad (1)$$

Keterangan :

IP = Index Polarisasi

R_{10} = Pengujian pada menit ke-10

R_1 = Pengujian pada menit ke-1

Mencari nilai index polarisasi dapat menggunakan persamaan diatas. Berdasarkan data yang diambil diatas dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Perhitungan pada *primary-ground*

$$\begin{aligned}
 IP &= \frac{188}{132} \\
 &= 1,424242
 \end{aligned}$$

Berdasarkan standar VDE (*catalouge* 228/4) nilai minimal tahanan isolasi kumparan trafo, disaat suhu operasi dihitung

“ 1 kilo Volt = 1 MΩ (Mega Ohm) “

Tabel 3. Standart index polarisasi trafo

Index polarisasi	Keterangan	Rekomendasi
<1	Berbahaya	Ditindaklanjuti
1-1,1	Jelek	Ditindaklanjuti
1,1-1,25	Dipertanyakan	Uji kadar minyak, Uji tan delta
1,25-2	Baik	-
>2	Sangat baik	-

Hasil perhitungan index polarisasi (IP) di atas masih diantara 1,25-2, dapat disimpulkan bahwa tahanan isolasi cukup aman dan kebocoran arus masih memenuhi standart ketentuan sehingga trafo dalam keadaan aman untuk diberi tegangan dan terhindar dari kegagalan isolasi.

3.3.2. Pengujian tangen delta

Tabel 4. Data Pengukuran Tangen Delta

<i>Measurements</i>	Tegangan kV	Arus miliampere	Daya Watt	Tan δ %	<i>Capacitance</i> pF
CH+CHL	10	38,602	4,067	0,72	12410,8
CH	10	16,491	1,752	0,73	5302,0
CHL(UST)	10	22,083	2,338	0,73	7099,8
CHL	10	22,111	2,315	0,72	7108,8
CL+CHL	10	83,421	9,039	0,76	26820,6
CL	10	61,320	6,773	0,77	19715,5
CHL(UST)	10	22,071	2,322	0,74	7096,1
CHL	10	22,101	2,266	0,72	7105,1
CH	10	16,491	1,752	0,73	5302,0
CL	10	61,320	6,773	0,77	19715,5
CH+CHL	10	38,602	4,067	0,72	12410,8
CH	10	16,491	1,752	0,73	5302,0

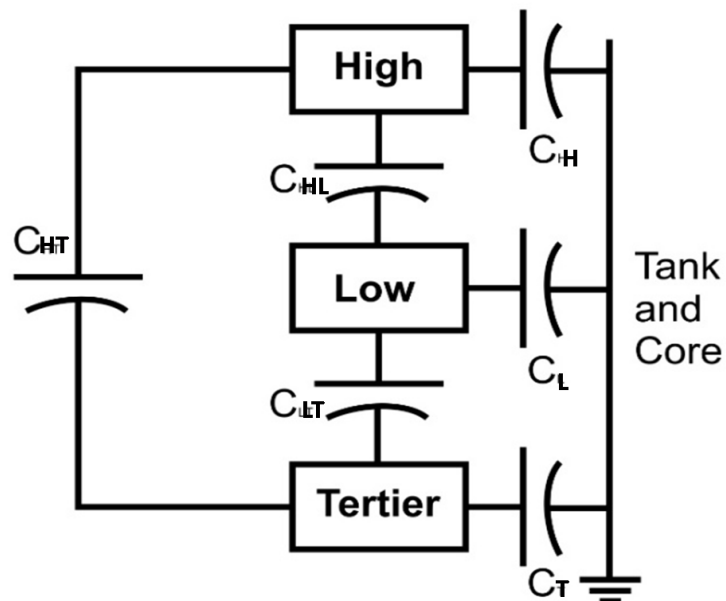
Keterangan tabel di atas pengukuran tangen delta:

CH : *Capacitance high*
CHL : *Capacitance high low*
CL : *Capacitance low*
CT : *Capacitance Tersier*
CHT : *Capacitance High Tersier*
CLT : *Capacitance high tersier*

Dalam pengukuran rangkaian tangen delta ada beberapa macam pengukuran tangen delta yaitu:

UST : *Ungrounded Specimen Test* (Uji tidak diketanahkan)
GST : *Grounded Speciment Test* (Uji diketanahkan)
GSTg : *Grounded Specimen test with guard* (Uji terhadap guard)

Rangkaian penyambungan tangen delta:



Gambar 3. Rangkaian mode tangen delta

Tangen delta dapat dicari menggunakan persamaan berikut ini:

$$S = \frac{V^2}{Z} \quad (2)$$

$$Z = \frac{V^2}{S} \quad (3)$$

$$Xc = \frac{V^2}{Q} \quad (4)$$

Mencari X_c :

$$X_c = \frac{1}{\omega C} \quad (5)$$

Sehingga, persamaan X_c yang didapat sebagai berikut:

$$Q = \frac{V^2}{X_c} \quad (6)$$

$$Q = \frac{V^2}{\frac{1}{\omega C}} \quad (7)$$

$$Q = V^2 \omega C \quad (8)$$

Jadi $\tan \delta$ dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$\tan \delta = \frac{P}{Q} \quad (9)$$

Keterangan:

δ = Delta

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

C = *Capacitance*(F)

ω = $2\pi f$

Berdasarkan hasil pengukuran tangen delta pada tabel 4. Perhitungan tangen delta dilakukan sebagai berikut:

Perhitungan CH+CHL :

Diketahui :

P = 4,067 Watts

V = 10 kV = 10.000 Volt

ω = $2\pi f$

C = 11024,7 pF = $11024,7 \times 10^{-12}$ F

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \tan \delta &= \frac{4,067}{10.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 11024,7 \times 10^{-12}} \times 100\% \\ &= 0,11\% \end{aligned}$$

Standart pengujian tan delta:

Tabel 5. Standar Pengujian Tan Delta

Hasil Uji	Kondisi
$\leq 0,5\%$	Bagus
$0,5\%-0,7\%$	Mengalami penurunan
$\geq 1,0 \%$	Jelek

Hasil perhitungan tan delta pada metode CH+CHL di atas dengan nilai 0,11% dapat disimpulkan bahwa tan delta masih dalam keadaan baik karena dibawah 0,5%.

3.3.3. Pengujian minyak

Pengujian minyak pada trafo gardu induk Jajar berdasarkan test BDV (*Break Down Voltage*) dengan cara melakukan pengujian 6 kali. Ketika tegangan naik maka akan ada suara, break down tunggu beberapa detik, kemudian dijalankan lagi dan seterusnya sampai 6 kali pengujian.

Hasil pengujian minyak trafo 1 gardu induk Jajar :

Tabel 6. Hasil Pengujian Minyak Trafo IEC 60156

Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Avg
56kV	41kV	40kV	42kV	32kV	37kV	42kV

Standar Pengujian minyak tegangan tembus IEC 60156:

Tabel 7. Standar tegangan tembus minyak

Tegangan	Bagus	Cukup	Buruk
500 kV	>60Kv	50-60kV	<50kV
150 kV	>50kV	40-50kV	<40kV
70 kV	>40kV	30-40kV	<30kV

Hasil pengujian minyak BDV main tank berdasarkan standar IEC 60422 dengan rata-rata 43,4 kV masuk kategori cukup/wajar. Minyak trafo yang jelek harus difilter terlebih dahulu yaitu dengan cara dipanaskan di suhu 60° - 70° C dengan menggunakan pasir.

Pengujian minyak OLTC pada trafo 1 gardu induk Jajar :

Tabel 8. Hasil Pengujian minyak OLTC

Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Avg
47kV	36kV	39kV	36kV	42kV	40kV	40kV

Standart pengujian minyak OLTC

Tabel 9. Standart minyak OLTC

Bagus	Cukup	Buruk
>40kV	40Kv	<40kV

Hasil pengujian minyak OLTC trafo menggunakan pengujian BDV (*Break Down Voltage*).

Hasilnya minyak OLTC masuk kategori cukup/wajar, karena nilai rata-ratanya 40kV

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian tahanan isolasi dapat disimpulkan sebagai:

- 1) Data hasil pengukuran dilakukan pada transformator daya 60 MVA gardu induk Jajar PT.PLN (PERSERO), dapat disimpulkan bahwa transformator dalam keadaan baik.
- 2) Hasil perhitungan nilai index polarisasi (IP) diperoleh nilai di antara 1,25-2 menandakan bahwa trafo masih dalam keadaan baik.
- 3) Rata-rata nilai disipasi faktor (DF) pada pengujian tahanan isolasi dengan metode tangen delta pada gardu induk jajar PT.PLN (PERSERO) dibawah 0,5% atau dengan kata lain trafo bisa kembali dioperasikan.
- 4) Hasil pengujian minyak trafo dengan rata-rata 43,3kV masih masuk kategori cukup/wajar. Sedangkan minyak pada OLTC dengan rata-rata 40kV masih masuk kategori cukup/wajar.

PERSANTUNAN

Peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada :

- 1) Allah SWT serta Nabi Muhammad SAW atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
- 2) Kedua orangtua yang selalu memotivasi serta memberikan doa dan dukungannya
- 3) Adiku terbaik Agus Triwandono yang selalu memberi semangat.
- 4) Kakek dan nenek yang selalu memberikan nasehat.

- 5) Bapak Aris Budiman, S.T, M.T. selaku pembimbing dalam mengerjakan tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran.
- 6) Pihak *Base Camp* Surakarta dan gardu induk jajar yang telah membantu untuk penelitian tugas akhir.
- 7) Teman-teman kelas B, kost, dan angkatan 2014 yang selalu memotivasi agar cepat terselesikannya tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Artono Arismunandar. (1975). *Teknik tegangan tinggi*. Penerbit Pradnya Paramita
- Bahrizen. (2011). *Analisis kondisi hasil pengukuran IBT 1 500/150 kV dalam keadaan padam pada gitet gandal*. Teknik Eelektro. Universitas Indonesia
- Electric Machinery Stator Coil Insulation*. IEEE Std 286TM – 2000 (R2006)
- IEEE Recomend Practice for Measurement of Power Factor Tip-Up of*
- Mohammad R. Meshkatoddini. (2008). *Aging Study and Lifetime Estimation of Transformer Mineral Oil*. American J. of Engineering and Applied Sciences 1 (4): 384-388.
- Persero, PT PLN. (2006). *Buku Pelatihan o&m Transformator Tenaga*. Semarang
- Seth, Swinder Parkash. (1981). *A Course in Electrical Engineering Material*.
Dhanpat Rai&Sons. New Delhi
- Testing of The Insulation of Coils of Large High-Voltage Machines*. VDE 0530